

PAT-NO: JP410320944A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 10320944 A
TITLE: MAGNETIC DISC DEVICE
PUBN-DATE: December 4, 1998

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
TANAKA, HIDEAKI	
TOKISUE, HIROMITSU	
HIGASHIYA, TERUYOSHI	

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
HITACHI LTD N/A	

APPL-NO: JP09132482
APPL-DATE: May 22, 1997

INT-CL (IPC): G11B021/21

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To utilize the whole surface of a magnetic disc efficiently and improve a recording capacity by a method wherein an interval between the magnetic disc surface and the part of a slider closest to the surface is made to be close to the lower limit of a slider flying height and an interval between a magnetic film surface and the position of a reproduction device is smaller on the outer circumference side of the disc than on the inner circumference side.

SOLUTION: A slider whose posture angle θ is gradually reduced from the inner circumference of a magnetic disc data region toward the outer circumference is used. A flow-out end angle is positive. The lowest flying height position of the slider is positioned on the flow-out end side of the position of a reproduction device. The curvature R of a slider surface and the slider posture angle θ are so set as to satisfy a relation $R\theta > L/2$ regardless of the radial position of the disc. In order to reduce the slider posture angle gradually from the inner circumference toward the outer circumference, a slider which does not have a tapered construction on its flow-in end or has a minute step construction on its flow-in end is employed. The curvature R of the slider surface, the spider length L and the slider

posture angle θ are so set as to have the flow-out end angle close to zero on the outermost circumference of the magnetic disc data region.

COPYRIGHT: (C) 1998, JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-320944

(43) 公開日 平成10年(1998)12月4日

(51) Int.Cl.⁹

G 1 1 B 21/21

識別記号

F I

G 1 1 B 21/21

E

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平9-132482

(22) 出願日 平成9年(1997)5月22日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 田中 秀明

神奈川県小田原市国府津2880番地 株式会社日立製作所ストレージシステム事業部内

(72) 発明者 時未 裕充

神奈川県小田原市国府津2880番地 株式会社日立製作所ストレージシステム事業部内

(72) 発明者 東谷 輝義

神奈川県小田原市国府津2880番地 株式会社日立製作所ストレージシステム事業部内

(74) 代理人 弁理士 武 顯次郎

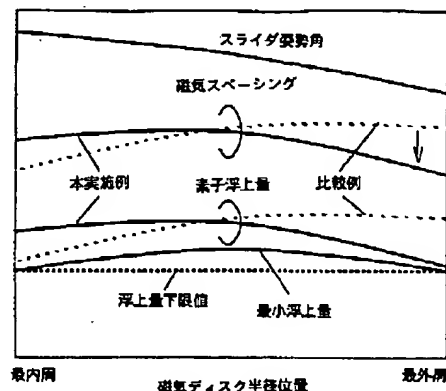
(54) 【発明の名称】 磁気ディスク装置

(57) 【要約】

【課題】 磁気ディスクの周長の長い外周側で記録容量の増大を図り、磁気ディスク装置全体の記録容量を増加させること。

【解決手段】 記録媒体となる磁性膜を有する磁気ディスクと、回転中の磁気ディスク上に浮上するスライダと、スライダ上に搭載され磁気ディスク上に情報の記録と再生を行なう記録素子と再生素子とを有する磁気ヘッドと、を備え、磁気ディスクの1トラック当りの記録容量を内周より外周で高くした磁気ディスク装置において、磁気ディスク表面とその表面に最接近しているスライダ部分との間隔（最小浮上量）を、磁気ディスク装置の信頼性確保の観点から決定されるスライダ浮上量下限値に、磁気ディスクの内周から外周に亘って、越えない程度に近付けるようにし、磁気ディスクの磁性膜面と再生素子の位置との間隔（磁気スペーシング）を、磁気ディスクの内周側より外周側で小さくすること。

【図6】



【特許請求の範囲】

【請求項1】 記録媒体となる磁性膜を有する磁気ディスクと、回転中の磁気ディスク上に浮上するスライダと、スライダ上に搭載され磁気ディスク上に情報の記録を行なう記録素子と再生を行なう再生素子とを有する磁気ヘッドと、を備え、磁気ディスクの1トラック当りの記録容量を内周より外周で高くした磁気ディスク装置において、

磁気ディスク表面とその表面に最接近しているスライダ部分との間隔（以下、「最小浮上量」という）を、磁気ディスク装置の信頼性確保の観点から決定されるスライダ浮上量下限値に、前記磁気ディスクの内周から外周に亘って、越えない程度に近付けるようにし、

前記磁気ディスクの磁性膜面と前記再生素子の位置との間隔（以下、「磁気スペーシング」という）を、磁気ディスクの内周側より外周側で小さくすることを特徴とする磁気ディスク装置。

【請求項2】 記録媒体となる磁性膜を有する磁気ディスクと、回転中の磁気ディスク上に浮上するスライダと、スライダ上に搭載され磁気ディスク上に情報の記録を行なう記録素子と再生を行なう再生素子とを有する磁気ヘッドと、を備え、磁気ディスクの1トラック当りの記録容量を内周より外周で高くした磁気ディスク装置において、

前記最小浮上量と、前記再生素子のスライダ表面と磁気ディスク表面との間隔（以下、「素子浮上量」という）と、の差が、磁気ディスクのデータ領域の最内周より最外周で小さいことを特徴とする磁気ディスク装置。

【請求項3】 請求項1または2に記載の磁気ディスク装置において、

記録再生状態でのスライダ面と磁気ディスク表面のなす角度（以下、「スライダ姿勢角」という）を、磁気ディスクの内周から外周にかけて漸次減少させ、

スライダで磁気ディスクに最接近している部分を、スライダの磁気ディスク半径位置によらず常に前記再生素子よりスライダ流出端側に位置させることを特徴とする磁気ディスク装置。

【請求項4】 請求項1または2に記載の磁気ディスク装置において、

前記スライダ姿勢角を、磁気ディスクの内周から外周にかけて漸次増加させ、

スライダで磁気ディスクに最接近している部分を、スライダの磁気ディスク半径位置によらず常に前記再生素子よりスライダ流入端側に位置させることを特徴とする磁気ディスク装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は磁気ディスク装置に関し、特に磁気ディスク面を効果的に活用することにより、面当りの記録容量を向上させた磁気ディスク装置に

関する。

【0002】

【従来の技術】磁気ディスク装置の記録容量は年々著しい増加が図られてきた。このような記録容量向上を実現するために、記録再生時の磁気ディスクと磁気ヘッドを搭載したスライダとのすきま（一般に浮上量と呼ばれる）は年々微小化の一途を辿ってきた。この浮上量の低下と、磁気ヘッドの記録再生素子特性及び磁気ディスクの特性向上とにより、線記録密度とトラック密度双方の向上が図られ、結果的に面記録密度の著しい増加につながってきた。

【0003】ところで、磁気ディスク装置においては、磁気ディスクの内周側と外周側ではその周長に大きな違いがある。例えば3.5インチディスクでは内周と外周で2倍以上周長が異なる。しかし磁気ディスクは通常記録再生時に一定回転数で回転するため、同一の周波数で情報を記録した場合、内周と外周でトラック当りの容量は同じになる。この場合線記録密度（通常Bit Per Inch: BPI単位で表わされる）は、外周側で低くなる。

【0004】そこで、磁気ディスク面全体での記録容量を増加させる目的で、周長の長い外周で記録周波数を高めて線記録密度を上げ、トラック当りの記録容量を増加させる方法が、例えば米国特許第4799112号明細書に知られている。この方法によれば、磁気ディスク全面で同じ周波数で記録した場合に比べて磁気ディスク面当りの総記録容量を増加させることができる。

【0005】ところで、記録再生時には磁気ディスクは一定回転数で回転するから、外周側では周速も増加する。このため、通常外周側でスライダの浮上量が大きくなるのが一般的である。しかし、これは外周側で記録再生特性を不利とするため、外周でも浮上量を増加させないための方法が種々検討されてきた。例えば、磁気ヘッドの移動機構としてロータリーアクチュエータを用いた場合に、内周と外周でスライダのスキュー角度が変化することを利用して、スキュー角度によって浮上量が変化するスライダを用い、内周と外周の浮上量差を圧縮する方法が知られている。

【0006】また近年、例えば特開平6-124562号公報や特開平6-215516号公報に記載のように、負圧力を応用したスライダを用いることで、内周と外周の浮上量差を圧縮するのみならず、磁気ディスク全面での浮上量の変化をも圧縮する方法が知られている。

【0007】このように、内周と外周での浮上量差を圧縮することで、先に述べたような周長の長い外周側で線記録密度を増加させることが可能となってきた。

【0008】ところで、例えば内周と外周で仮に同じ線記録密度で記録しようとすると、周速に比例して記録周波数が増加することになり、外周側で記録再生特性的には不利となる。インダクティブヘッドの場合には、再生

出力が周速の増加に伴って増加するため、上記した記録周波数増加による不利な点を補う要素があった。

【0009】しかし、今日広く用いられている磁気抵抗効果型再生素子を搭載したMRヘッドの場合には、再生出力は原理的には周速によらないため、上記した外周側での記録周波数増加による不利な点（周波数増加に伴う損失）はより顕著になる。このため、従来の磁気ディスク装置において、内周に比べて外周で1トラック当りの記録容量を増加させた場合でも、その容量増加比は周長の増加比に比べて小さいものであった。

【0010】この外周での記録周波数増加による不利な点を補うために、内周に比べて外周で浮上量を下げることが考えられる。しかしスライダの浮上量下限は、磁気ディスク装置の信頼性の観点から決定されるべきものであり、特に周速の大きい外周側で、単に浮上量を下げた場合には、磁気ディスクの損傷を生ずる危険性がある。このため、外周側でも信頼性の観点より決定される浮上量以上を確保する必要がある。

【0011】従来用いられているスライダは、流入端に設けられたテーパ的作用により、周速が増加する外周側でスライダの姿勢角が増加する。一方スライダの最小浮上位置は通常流出端部となる。磁気ヘッドは通常流出端近傍に設置されるが、磁気ヘッド自身が厚さを有するため、必然的に磁気ヘッドの記録再生素子の位置は流出端より若干流入端側に位置する。このため素子位置の浮上量は最小浮上量より大きくなるのが通常である（図1に基づいて後述する）。この場合、両者（素子位置とスライダの最小浮上位置）の浮上量差はスライダ姿勢角の増加によって外周側で増加するため、磁気ヘッドと磁気ディスクとの間隔はより大きくなり、外周側での記録再生特性が一層不利となっていた。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】本発明が解決しようとする課題は、周長の長い外周側でより記録再生特性を有利にする構成の提案にあり、これによって磁気ディスク面をより効率的に活用して全体の記録容量を一層高めた磁気ディスク装置を提案することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するための本発明は、次のような構成を採用する。

【0014】記録媒体となる磁性膜を有する磁気ディスクと、回転中の磁気ディスク上に浮上するスライダと、スライダ上に搭載され磁気ディスク上に情報の記録を行なう記録素子と再生を行なう再生素子とを有する磁気ヘッドと、を備え、磁気ディスクの1トラック当りの記録容量を内周より外周で高くした磁気ディスク装置において、磁気ディスク表面とその表面に最接近しているスライダ部分との間隔（最小浮上量）を、磁気ディスク装置の信頼性確保の観点から決定されるスライダ浮上量下限値に、前記磁気ディスクの内周から外周に亘って、越え

ない程度に近付けるようにし、前記磁気ディスクの磁性膜面と前記再生素子の位置との間隔（磁気スペーシング）を、磁気ディスクの内周側より外周側で小さくする磁気ディスク装置。

【0015】更に、記録媒体となる磁性膜を有する磁気ディスクと、回転中の磁気ディスク上に浮上するスライダと、スライダ上に搭載され磁気ディスク上に情報の記録を行なう記録素子と再生を行なう再生素子とを有する磁気ヘッドと、を備え、磁気ディスクの1トラック当りの記録容量を内周より外周で高くした磁気ディスク装置において、前記最小浮上量と、前記再生素子のスライダ表面と磁気ディスク表面との間隔（素子浮上量）と、の差が、磁気ディスクのデータ領域の最内周より最外周で小さい磁気ディスク装置。

【0016】これによって、磁気ディスク一周の周長が長い外周で記録再生特性をより有利にできるため、外周での線記録密度を内周に対して著しく高めることができ、磁気ディスク面全体をより効率的に利用でき、磁気ディスク装置全体としての記録容量を高めることができる。

【0017】

【発明の実施の形態】以下図面を参照しながら本発明をより詳細に説明する。

【0018】図1には本発明に関わる用語の定義を示す。記録再生状態において磁気ディスク1は一定回転数で回転しており、磁気ヘッド21を搭載したスライダ2は、磁気ディスク表面上に浮上、または場合によっては一部が接触した状態で対峙している。ここで、磁気ディスク磁性膜12面と磁気ヘッド21の中でも特に再生素子位置との間隔（本発明ではこれを磁気スペーシングと称する）は、記録密度を支配する最も重要な因子である。

【0019】一方、磁気ディスク表面と磁気ヘッド21を搭載したスライダ2のうち最も磁気ディスク面に接近している部分との間隔（本発明ではこれを最小浮上量と称する）は、磁気ディスク装置の信頼性を左右する重要な因子である。

【0020】また、本発明において、磁気ディスク表面と磁気ヘッドの再生素子位置におけるスライダ面との間隔を素子浮上量と称する。更に、素子浮上量と最小浮上量との差を形状ロス分と称する。

【0021】この定義より明らかな様に、磁気スペーシングは素子浮上量と磁気ディスク保護膜11の厚さ、さらにスライダ面に保護膜22が形成される場合にはその膜厚の総和で表わされる。同様に、磁気スペーシングは最小浮上量と形状ロス分と磁気ディスク保護膜11の厚さと、設けられている場合にはスライダ面の保護膜22の厚さの総和で表わされる。本発明では磁気ディスクあるいはスライダ表面に潤滑膜等が形成される場合も、それを磁気ディスクあるいはスライダ保護膜の一部と考え

る。

【0022】そして、本発明では磁気ディスクとスライダとが記録再生状態においてその一部が接触した状態である、いわゆるコンタクトまたはニアコンタクト方式の磁気ディスク装置の場合でも、便宜的に浮上量との用語を用いる。平滑な磁気ディスクとスライダとが接触状態にある場合には、最小浮上量がゼロと表現される。

【0023】図1では磁気ディスク1が平坦な場合を示しているが、テクスチャ等の粗さが磁気ディスク表面に形成される場合には、図2に示すように各々のパラメータは磁性膜12面あるいは磁気ディスク1表面の粗さの中心線から見た値として定義する。

【0024】次に図3には、本発明によるスライダ姿勢角の定義を示す。姿勢角とは記録再生状態において、スライダ面と磁気ディスク表面とのなす角度と定義する。ここでスライダ面が平坦な場合には、姿勢角はその定義通りにスライダ面と磁気ディスク表面とのなす角度で表わされる。磁気ディスク表面及びスライダ面に粗さがある場合には、各々の粗さの中心線とがなす角度を用いる。

【0025】また、スライダがテーパあるいは面取り部分を有する場合、その部分はここで言うスライダ面には含めない。スライダ面が磁気ディスク対向面を有する分離された複数の部分によって構成される場合には、各々の部分の磁気ディスク対向面を滑らかにつなぎ合わせた平均面をスライダ面と考える。

【0026】また、スライダがグラウン加工等により曲面で形成される場合、姿勢角は図4に示すように曲面を有するスライダ面の両端を結んだ線と磁気ディスク表面とのなす角度と定義する。いずれの場合でも、テーパあるいは面取り部分はスライダ面には含めない。

【0027】次に、以上のように定義した各パラメータを用いて本発明を説明する。上記したパラメータのうち、磁気スペーシングは記録密度を支配する最大の要因であり、記録密度向上のためにはより小さい方が望ましい。一方最小浮上量は磁気ディスク装置の信頼性を支配する最大の因子であり、信頼性確保のためにはより大きい方が望ましい。以上のように、記録密度向上と信頼性確保に対する要求は相反している。

【0028】本発明では、図1に示した各パラメータを、磁気ディスクの内周と外周で最も効率的に配分することにより、記録密度向上と信頼性確保とを両立することに特徴がある。

【0029】既に図1で示したように、記録再生特性を支配する磁気スペーシングは、最小浮上量と形状ロス分と磁気ディスク保護膜11及びスライダ保護膜22の厚さの総和で表わされる。本発明の特徴は、磁気ディスク上の周長の長い外周で、内周より磁気スペーシングを小さくすることにより、これにより磁気ディスク周長の長い外周で記録容量を増加できるので、磁気ディスク面

のトータルとしての記録容量を向上させることができる。以下には、外周で磁気スペーシングを低減する方法について、上記磁気スペーシング構成要素毎に説明する。

【0030】上記磁気スペーシング構成要素のうち、磁気ディスク及びスライダの保護膜は、通常面内で均一な膜厚で形成され、摺動信頼性、用いられる材料、欠陥の有無等によってその最小膜厚が決定されるため、本発明においては各々その最小膜厚近傍とすることが望ましい。ただし、生産による膜厚のばらつき等によって、保護膜厚が磁気ディスク及びスライダの面内で変化した場合でも、以下に述べる本発明の特徴が損なわれることはない。

【0031】最小浮上量は全ての半径位置において磁気ディスク装置の信頼性の観点から決定される下限値以上とする必要がある。本発明において、磁気ディスク面としての記録容量を向上させるためには、全ての半径位置に置いて最小浮上量が浮上量下限値近傍とすることが望ましい。スライダの半径位置による浮上量プロファイルが、浮上量下限値の半径方向プロファイルと完全に一致しない場合は、浮上量の小さい部分でも浮上量下限値を確保する必要がある。

【0032】通常の浮上スライダでは、最内周または最外周の浮上量が小さく、中周付近の浮上量が大きくなることが多い。この場合には、少なくとも最内周及び最外周での最小浮上量は、各々上記の信頼性の観点から決定される浮上量下限値近傍とすることが望ましい。この場合それ以外の半径位置での最小浮上量も、下限値にできるだけ近付けることが望ましい。これにより、磁気ディスク装置の信頼性を確保しつつ、スライダを最大限磁気ディスク表面に接近させることができる。

【0033】具体的な実現方法は、例えばロータリーアクチュエータをスライダの位置決め機構に用い、スキュー角度によって浮上量が変化するような公知のスライダを用いることで達成できる。負圧力を併用した負圧スライダを用いれば、より自由度の大きい浮上量配分設計が可能であり、中周付近での最小浮上量も上記下限値近傍に設定可能となるためさらに望ましい。

【0034】ところで、信頼性の観点から決定される浮上量下限値は、磁気ディスク表面の粗さ（特に表面突起の高さ）に、磁気ディスク装置の機構系やスライダおよび磁気ディスクに用いられる材料の特性等によって与えられる一定のクリアランス分、さらには磁気ディスク及びスライダの生産時の特性ばらつき分等を加算することによって決定される。この中でも特に磁気ディスク表面粗さの影響が最も直接的であり、一般には、磁気ディスク表面の粗さが大きいほど浮上量下限値は大きくなる。

【0035】一般の磁気ディスクのように、粗さが内周から外周にかけてはば一定である場合には、浮上量下限値は磁気ディスク面内全てでほぼ一定となるため、内周

及び外周での最小浮上量は、各々ほぼ一定とすることが望ましい。内周及び外周以外でも、最小浮上量は浮上量下限値にできるだけ近付けることが望ましい。なおここで言うほぼ一定の目安としては、各々の値の差が20%以内であることが望ましい。

【0036】一方、例えば最内周のCSS領域のみ粗さを大きくして、それ以外のデータ領域の粗さを小さくしたいいわゆるゾーンテクスチャを用いた磁気ディスクや、粗さを内周から外周にかけて順次小さく変化させたテクスチャを用いた磁気ディスクを用いれば、浮上量の下限値は内周より外周で低くできるので、この場合には外周での最小浮上量を内周に比べてより小さくすることが望ましい。これにより、周長の長い外周で特に磁気スペーシングを低減できるため、外周での記録容量を一層増加させることが可能であり特に望ましい。

【0037】形状ロス分は、記録再生特性の観点からはゼロとすることが望ましい。再生素子部分がスライダ面から完全に突出していれば形状ロス分は常にゼロとできるが、その場合には、磁気ディスクとスライダとの接触が常に再生素子部分で生ずるため、素子の損傷を招いたり、サーマルアスペリティ(TA)が発生しやすくなり、磁気ディスク装置のデータ信頼性の観点からも望ましくない。

【0038】再生素子部分がスライダ面から突出していない場合には、図1に示したように形状ロス分はスライダ姿勢角によって変化するのを避けられない。磁気ディスクの半径位置によって、周速及びスライダのスキュー角度が変化するため、スライダ姿勢角は通常一定とすることは困難である。よって半径位置によって形状ロス分をいかに配分するかが重要であり、この点が本発明の大きな特徴である。

【0039】本発明では、形状ロス分を磁気ディスクの半径位置によらず常にゼロとはならないようにし、変換素子部分の損傷をなくして、TAの発生を防止する。さらに周長の長い外周で内周に比べて形状ロス分を小さくすることに特徴がある。これによれば、仮に最小浮上量が内周と外周でほぼ同一の場合でも、周長の長い外周で磁気スペーシングを低減できるため、外周での記録容量を一層増加させることが可能であり特に望ましい。

【0040】形状ロス分を磁気ディスクの半径位置によって任意に設定するためには、スライダ面の形状と姿勢角によって、スライダ最下点位置と磁気ヘッド素子位置との相対位置関係を設計することが重要である。従来の公知例においてはこの点に注意を払った例は見られず、本発明の大きな特徴である。

【0041】その具体的達成方法を説明する前に、関連する流出端角度について説明する。図5には流出端角度の定義を示す。流出端角度は、スライダ2の流出端におけるスライダ面と磁気ディスク1とのなす角度と定義する。スライダ面が平坦な場合には、明らかなように流出

端角度とスライダ姿勢角が一致する。図5のように、スライダが曲率を有する場合には両者は一致しない。ここで、流出端角度の符号は図5の(1)のように流出端側が下がっている場合を正とし、逆に図5の(2)のように流出端側が持ち上がっている場合を負とする。

【0042】図5の(3)に示すように、スライダ面の長手方向曲面を円弧状で近似し、その曲率半径をR(m)、スライダ面の長さをL(m)、姿勢角を θ (rad)とすると、 θ が充分小さい場合に、単純な幾何学計算より $R\theta = L/2$ の時に流出端角度はゼロとなる。

【0043】同様に、 $R\theta > L/2$ の場合には流出端角度は正となり、スライダ面流出端が最小浮上位置となる。逆に $R\theta < L/2$ の場合には流出端角度は負となり、スライダの最小浮上位置はスライダ面の流入端側に移動する。

【0044】そして、本発明に関わる各種パラメータの代表的測定方法を以下に示す。最小浮上量や素子浮上量は、磁気ディスク装置内でのスライダと磁気ディスクとの相対位置関係(半径位置、スキュー角度、取付け高さ等)及び磁気ディスクの回転数を同じ条件で設定して、ガラスディスクを用いた市販の浮上量テスト(例えばPhase Metrics社DFHS等)で実測することができる。直接に素子位置及び最小浮上位置での測定が困難な場合には、近接する複数の測定点での浮上量から外挿して求めることができる。

【0045】スライダ姿勢角は同様にスライダ面の複数の位置での浮上量測定から実測できる。流出端角度も同様に流出端近傍での複数の点での浮上量測定から実測できる。形状ロス分は上記最小浮上量と素子浮上量の差として求められる。

【0046】磁気スペーシングは素子浮上量と磁気ディスク及び磁気ヘッドの保護膜厚さから求められる。磁気スペーシングは再生出力の周波数依存性等記録再生特性からも推定可能である。スライダ面の曲率は、市販の表面粗さ計(例えばZygo社光学式表面粗さ計Maxim 3D Model 5700等)で直接求められる。またスライダ面の複数の点での浮上量測定によってもスライダ面の曲率を求めることができる。

【0047】以下、本発明の実施形態1について説明する。

【0048】形状ロス分を磁気ディスクの外周で内周に比べて小さくする具体的方法としては、例えばスライダ姿勢角が磁気ディスクデータ領域の内周から外周にかけて漸次減少するスライダを用い、図5の(1)に示したように、流出端角度を正とし、スライダの最小浮上位置が再生素子位置より流出端側に位置するようにすれば良い。

【0049】この場合磁気ディスクの半径位置によらず $R\theta > L/2$ が満たされるようにスライダ面の曲率、スライダ面の長さ、スライダ姿勢角を設定すればよい。ス

ライダ姿勢角を内周から外周にかけて漸次減少させるためには、流入端にテーパ構造を有しないスライダや流入端に微小ステップ構造（テーパ形状ではなくて階段形状）を有するスライダを用いることで達成可能である（流入端がテーパ形状であるとディスク周速の大きさに応じて姿勢角が通常は上昇するが、テーパ形状をなくして例えば微小ステップ形状とすれば、前記上昇現象は生ぜず降下させ得ることが可能である）。

【0050】この方法によれば、外周に行くほど形状ロス分を低減させることができる。この場合、磁気ディスクデータ領域の最外周において流出端角度がゼロ近傍となるように、上記の規定の範囲内でスライダ面の曲率、スライダ面の長さ、スライダ姿勢角を設定すれば、形状ロス分は最外周でゼロ近傍となるため、特に望ましい。ただし、この場合でも流出端角度がゼロになると、磁気ヘッドの素子部が磁気ディスクと直接接触して損傷する危険性が増すため、最外周でも $R\theta > L/2$ であることが望ましい。

【0051】本実施形態による半径方向での最小浮上量、素子浮上量、磁気スペーシング、形状ロス分及び姿勢角のプロファイルの一例を図6に示す。比較として同じ最小浮上量及び姿勢角プロファイルで、 $R\theta < L/2$ の場合における素子浮上量、形状ロス分及び磁気スペーシングプロファイルを示す。概略的に云えば、本発明の実施形態1は、流出端角度を正とし、スライダ姿勢角をディスク外周ほど小とするものであり、比較例は、流出端角度を正とし、スライダ姿勢角をディスク外周ほど大とするものである。

【0052】図6より明らかなように、本実施形態によれば最小浮上量のプロファイルは同一でも、周長の長い外周側で磁気スペーシングを低減できる。内周側では磁気スペーシングが増加しているが、周長の違いにより内周側での記録容量損失分より外周側での記録容量増加分を大きくできるため、磁気ディスク装置全体の記録容量を増大させることができる。

【0053】本実施形態においては、内周と外周で最小浮上量が浮上量下限値と一致しており、中周においては下限値より若干高くなっている。ただし、スライダ面形状の設計によっては、内周から外周にかけて任意の点において、最小浮上量が下限値とほぼ一致するようにすることも可能であり、その場合中周での磁気スペーシングがさらに低減できるのでさらに望ましい。

【0054】次に、本発明の実施形態2について説明する。

【0055】本発明の他の具体的実施方法としては、スライダ姿勢角が磁気ディスクデータ領域の内周から外周にかけて漸次増加するスライダを用い、図5の(2)に示したように、流出端角度を負とし、スライダの最小浮上位置が再生素子位置より流入端側に位置するようにすれば良い。この場合には磁気ディスクの半径位置によら

ず $R\theta < L/2$ が満たされるようにスライダ面の曲率、スライダ面の長さ、スライダ姿勢角を設定すればよい。スライダ姿勢角を内周から外周にかけて漸次増加させるためには、流入端にテーパ構造を有する通常のスライダを用いることで達成可能である。

【0056】この方法によっても実施形態1と同様、外周に行くほど形状ロス分を低減させることができる。この場合、磁気ディスクデータ領域の最外周において流出端角度がゼロ近傍となるように、上記の規定の範囲内でスライダ面の曲率、スライダ面の長さ、スライダ姿勢角を設定すれば、形状ロス分は最外周でゼロ近傍となるため、特に望ましい。ただし、この場合でも流出端角度がゼロになると、磁気ヘッドの素子部が磁気ディスクと直接接触して損傷する危険性が増すため、最外周でも $R\theta < L/2$ であることが望ましい。

【0057】本実施形態による半径方向での最小浮上量、素子浮上量、磁気スペーシング、形状ロス分及び姿勢角のプロファイルの一例を図7に示す。比較として同じ最小浮上量及び姿勢角プロファイルで、 $R\theta > L/2$ の場合における素子浮上量、形状ロス分及び磁気スペーシングプロファイルを示す。概略的に云えば、本発明の実施形態2は、流出端角度を負とし、スライダ姿勢角をディスク外周ほど大とするものであり、比較例は、流出端角度を正とし、スライダ姿勢角をディスク外周ほど大とするものである。

【0058】図7より明らかなように、本実施形態によれば最小浮上量のプロファイルは同一でも、周長の長い外周側で磁気スペーシングを低減できる。内周側では磁気スペーシングが増加しているが、周長の違いにより内周側での記録容量損失分より外周側での記録容量増加分を大きくできるため、磁気ディスク装置全体の記録容量を増大させることができる。

【0059】本実施形態においては、内周と外周で最小浮上量が浮上量下限値と一致しており、中周においては下限値より若干高くなっている。ただし、スライダ面形状の設計によっては、内周から外周にかけて任意の点において、最小浮上量が下限値とほぼ一致するようにすることも可能であり、その場合中周での磁気スペーシングがさらに低減できるのでさらに望ましい。

【0060】そして、本実施形態においては、図5の(2)のように流出端角度が常に負となり、素子位置の流入端側に最小浮上位置が来るため、磁気ヘッドが磁気ディスク面の突起上を通過する場合でも素子部分がガードされ直接接触が生じにくいという利点がある。これにより接触による素子の損傷やTAの発生を防止できるため、特に望ましい。

【0061】以上説明したように、本発明は次のような構成例を含み得るのである。

【0062】(1)記録媒体となる磁性膜を有する磁気ディスクと、回転中の磁気ディスク上に浮上または一部

接触状態で対峙するスライダと、スライダ上に搭載され磁気ディスク上に情報の記録を行なう記録素子と再生を行なう再生素子とを有する磁気ヘッドとを備え、磁気ディスクの1トラック当りの記録容量を内周より外周で高くした磁気ディスク装置において、記録再生状態においてスライダ上で最も磁気ディスクに接近している部分と磁気ディスク表面との間隔と、磁気ヘッドの再生素子部のスライダ表面と磁気ディスク表面との間隔との差が、磁気ディスクのデータ領域の最内周より最外周で小さい磁気ディスク装置。

【0063】(2) 記録媒体となる磁性膜を有する磁気ディスクと、回転中の磁気ディスク上に浮上または一部接触状態で対峙するスライダと、スライダ上に搭載され磁気ディスク上に情報の記録を行なう記録素子と再生を行なう再生素子とを有する磁気ヘッドとを備え、磁気ディスクの1トラック当りの記録容量を内周より外周で高くした磁気ディスク装置において、記録再生状態において磁気ヘッドの再生素子部と磁気ディスク磁性膜表面との間隔が、磁気ディスクのデータ領域の最内周より最外周で小さい磁気ディスク装置。

【0064】(3) 記録媒体となる磁性膜を有する磁気ディスクと、回転中の磁気ディスク上に浮上または一部接触状態で対峙するスライダと、スライダ上に搭載され磁気ディスク上に情報の記録を行なう記録素子と再生を行なう再生素子とを有する磁気ヘッドとを備え、磁気ディスクの1トラック当りの記録容量を内周より外周で高くした磁気ディスク装置において、記録再生状態においてスライダ上で最も磁気ディスクに接近している部分と磁気ディスク表面との間隔と、磁気ヘッドの再生素子部のスライダ表面と磁気ディスク表面との間隔との差が、磁気ディスクのデータ領域の最内周より最外周で小さく、かつ記録再生状態において磁気ヘッドの再生素子部と磁気ディスク磁性膜表面との間隔が、磁気ディスクのデータ領域の最内周より最外周で小さい磁気ディスク装置。

【0065】(4) 前記(1)～(3)の磁気ディスク装置において、磁気ディスクとして内周から外周に亘って実質的に均一な粗さを有する磁気ディスクを用い、記録再生状態においてスライダ上で最も磁気ディスクに接近している部分と磁気ディスク表面との間隔が、磁気ディスクのデータ領域の最内周と最外周ではほぼ一定である磁気ディスク装置。

【0066】(5) 前記(1)～(3)の磁気ディスク装置において、磁気ディスクとして内周側により粗さの大きいCSS領域を有し、その外側により粗さの小さいデータ領域を有する磁気ディスクを用い、記録再生状態においてスライダ上で最も磁気ディスクに接近している部分と磁気ディスク表面との間隔が、磁気ディスクのデータ領域の最内周より最外周で小さい磁気ディスク装置。

【0067】(6) 前記(1)～(5)の磁気ディスク装置において、磁気ヘッドが磁気抵抗効果を利用した再生素子を有する記録再生分離型磁気ヘッドである磁気ディスク装置

(7) 前記(1)～(6)の磁気ディスク装置において、記録再生状態でのスライダ姿勢角は内周から外周にかけて漸次増加し、スライダ上で最も磁気ディスクに接近している部分は、磁気ディスク上でのスライダの位置によらず常に磁気ヘッドの再生素子部分より流入端側に位置する磁気ディスク装置。

【0068】(8) 前記請求項7の磁気ディスク装置において、磁気ディスクに対向するスライダ面が凸の曲面を有しており、記録再生状態においてスライダ上で最も磁気ディスクに接近している部分が、スライダの磁気ディスク上の半径位置移動による姿勢角変化に伴って、この曲面上を移動する磁気ディスク装置。

【0069】(9) 前記請求項8の磁気ディスク装置において、スライダ面の曲率半径を R 、スライダ面の長さを L 、姿勢角を θ 、としたときに、記録再生状態においてスライダが磁気ディスク上の任意の位置で常に $R\theta < L/2$ を満たす磁気ディスク装置。

【0070】(10) 前記(1)～(6)の磁気ディスク装置において、記録再生状態でのスライダ姿勢角は内周から外周にかけて漸次減少し、スライダ上で最も磁気ディスクに接近している部分は、磁気ディスク上でのスライダの位置によらず常に磁気ヘッドの再生素子部分より流出端側に位置する磁気ディスク装置。

【0071】

【発明の効果】本発明によれば、磁気ディスク装置の信頼性より決定される最小浮上量を確保しつつ、周長の長い外周側で磁気スペーシングを低減できるため、外周側での記録容量を増大させることができる。これにより、信頼性に優れ、かつ装置全体としての記録容量を向上させた磁気ディスク装置を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】平滑な磁気ディスク上での本発明における磁気スペーシング、最小浮上量、素子浮上量及び形状ロス分の定義を示す説明図である。

【図2】粗さを有する磁気ディスク上での本発明における磁気スペーシング、最小浮上量、素子浮上量及び形状ロス分の定義を示す説明図である。

【図3】平滑なスライダ面を有するスライダでの姿勢角の定義を示す説明図である。

【図4】曲面のスライダ面を有するスライダでの姿勢角の定義を示す説明図である。

【図5】本発明における流出端角度の定義を示す説明図である。

【図6】本発明の一実施形態による、磁気ディスク半径位置による最小浮上量、素子浮上量、磁気スペーシング、形状ロス分及び姿勢角のプロファイル示す図であ

13

14

る。

【図7】本発明の他の実施形態による、磁気ディスク半径位置による最小浮上量、素子浮上量、磁気スペーシング、形状ロス分および姿勢角のプロファイル示す図である。

【符号の説明】

1 磁気ディスク

2 スライダ

11 磁気ディスク保護膜

12 磁気ディスク磁性膜

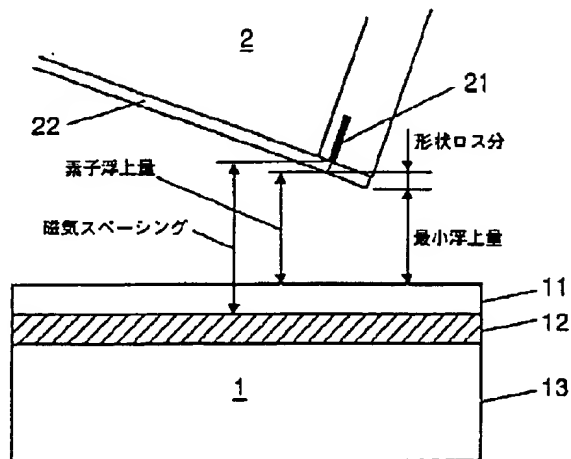
13 磁気ディスク基板

21 磁気ヘッド

22 スライダ保護膜

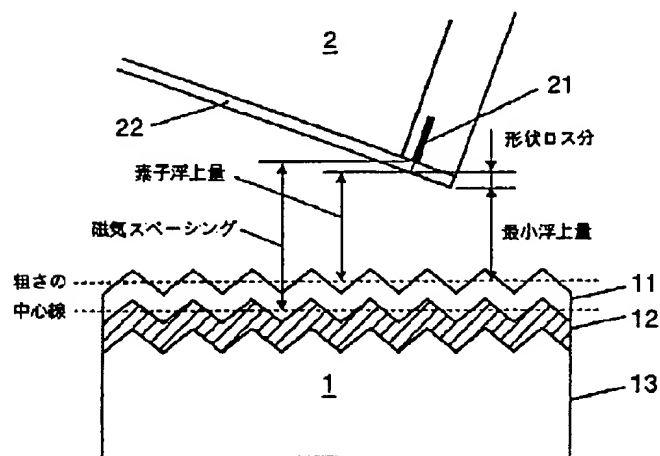
【図1】

【図1】



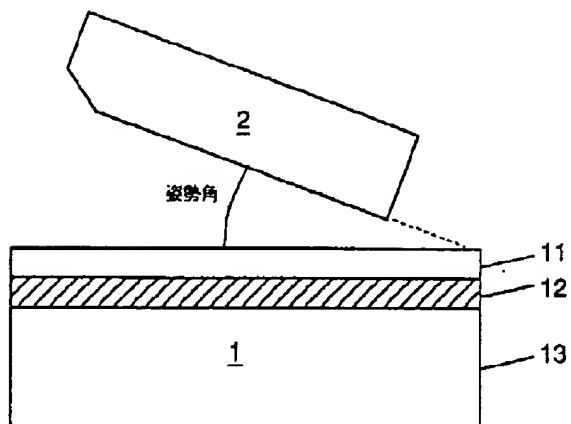
【図2】

【図2】



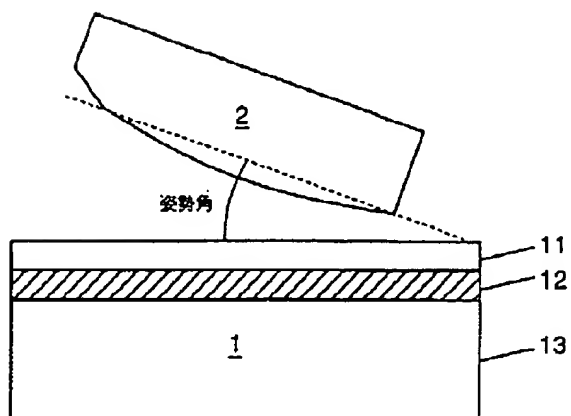
【図3】

【図3】



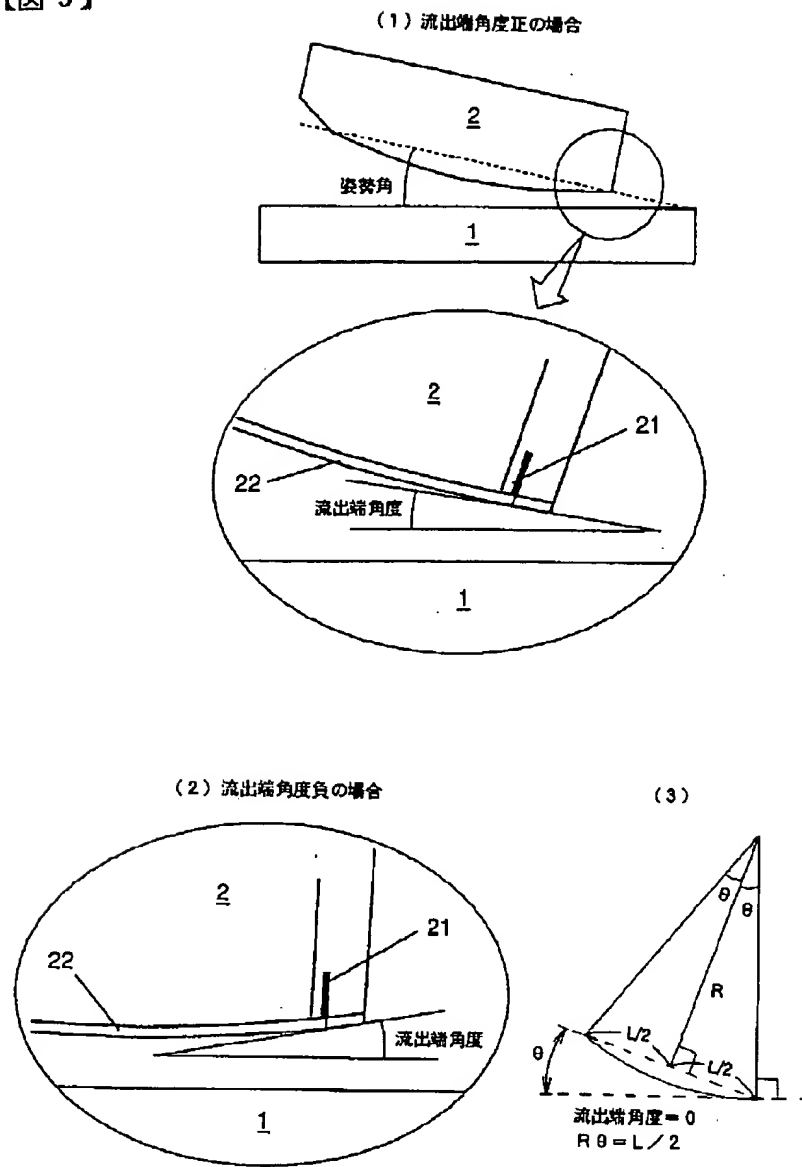
【図4】

【図4】



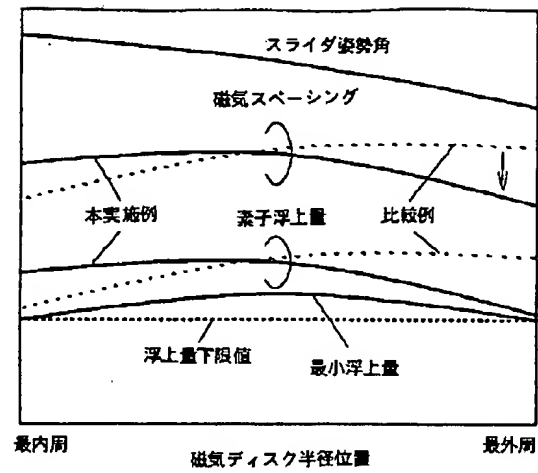
【図5】

【図5】



【図6】

【図6】



【図7】

【図7】

